

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-344831  
 (43)Date of publication of application : 03.12.2003

(51)Int.Cl. G02F 1/1334  
 G02F 1/01  
 G02F 1/061  
 G02F 1/13

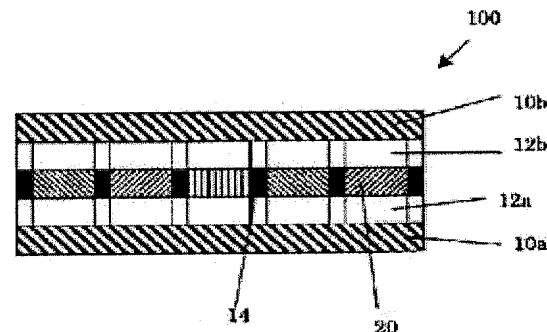
(21)Application number : 2002-148937 (71)Applicant : SHARP CORP  
 (22)Date of filing : 23.05.2002 (72)Inventor : TERASHITA SHINICHI

## (54) DISPLAY DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a display device utilizing an optical characteristic of a photonic crystal capable of selectively taking out light of a specific wavelength with high energy efficiency.

**SOLUTION:** The display device has a plurality of pixels arranged in a matrix form, the plurality of pixels includes a 1st pixel to emit 1st color light and a 2nd pixel to emit 2nd color light different from the 1st color light, each of the plurality of pixels has a pair of electrodes (12a, 12b) and a photonic crystal layer (20) having two dimensional or three-dimensional refractive index periodic structure arranged between the pair of electrodes, the photonic crystal layer belonging to the 1st pixel modulates or emits the 1st color light according to an electric signal applied to the pair of electrodes, and the photonic crystal layer belonging to the 2nd pixel modulates or emits the 2nd color light according to an electric signal applied to the pair of electrodes.



## \* NOTICES \*

JPO and INPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] The 1st pixel to which it has two or more pixels arranged by matrix form, and said two or more pixels emit the 1st colored light, Said 1st colored light and the 2nd different colored light including the 2nd pixel to emit each of two or more of said pixels, Said photonic crystal layer which has an electrode of a couple and a photonic crystal layer which has the two-dimensional or three-dimensional refractive index periodic structure provided in inter-electrode [ of said couple ], and said 1st pixel has, A display which said photonic crystal layer in which an electrical signal impressed to an electrode of said couple is embraced, light is become irregular or emitted

and said 2nd pixel has said 1st colored light embraces an electrical signal impressed to an electrode of said couple, and becomes irregular or emits light in said 2nd colored light.

[Claim 2] Said said pixel [ 2nd ] photonic crystal layer has the 2nd refractive index periodic structure of said 1st cycle and the 2nd different cycle by said said pixel [ 1st ] photonic crystal layer having the 1st refractive index periodic structure of the 1st cycle, and it is the display according to claim 1.

[Claim 3] Said photonic crystal layer which said 3rd pixel has including further the 3rd pixel as for which said two or more pixels emit said 1st colored light and the 2nd colored light, and the 3rd different colored light, The display according to claim 2 in which an electrical signal impressed to an electrode of said couple is embraced, light is become irregular or emitted in said 3rd colored light, and said said pixel [ 3rd ] photonic crystal layer has the 3rd refractive index periodic structure of said 1st cycle and the 2nd cycle, and the 3rd different cycle.

[Claim 4] The display according to claim 3 which parallel arrangement is carried out said 1st pixel, said 2nd pixel, and said 3rd pixel, and performs a colored presentation by a space mixed-colors method.

[Claim 5] The display according to claim 3 to which each has two or more colored presentation pixels by which said 1st pixel, said 2nd pixel, and said 3rd pixel were laminated, and said two or more pixels perform a colored presentation by a time mixed-colors method.

[Claim 6] Said 1st colored light is blue glow, and red light and said 2nd colored light green light and said 3rd colored light said photonic crystal layer, It has said refractive index periodic structure formed of a liquid crystal material and a photo-setting resin, Said 1st cycle is within the limits of not less than 495 nm 550 nm or less, and said 2nd cycle is within the limits of not less than 590 nm 780 nm or less, The display according to any one of claims 3 to 5 which said 3rd cycle has within the limits of not less than 565 nm 580 nm or less, and displays by transparent mode by modulating white light by said photonic crystal layer.

[Claim 7] Said 1st colored light is blue glow, and red light and said 2nd colored light green light and said 3rd colored light said photonic crystal layer, It has said refractive index periodic structure formed of a liquid crystal material and a photo-setting resin, Said 1st cycle is within the limits of not less than 590 nm 780 nm or less, and said 2nd cycle is within the limits of not less than 495 nm 550 nm or less, The display according to any one of claims 3 to 5 which said 3rd cycle has within the limits of not less than 450 nm 485 nm or less, and displays by reflection mode by reflecting an ambient light by said photonic crystal layer.

[Claim 8] Said 1st colored light is blue glow, and red light and said 2nd colored light green light and said 3rd colored light said photonic crystal layer, It has said refractive index periodic structure formed of a luminescent material and a photo-setting resin, The display according to any one of claims 3 to 5 which said 1st cycle has within the limits of not less than 590 nm 780 nm or less, said 2nd cycle has within the limits of not less than 495 nm 550 nm or less, and said 3rd cycle has within the limits of not less than 450 nm 485 nm or less.

[Claim 9] The display according to any one of claims 1 to 8 in which said photonic crystal layer is either of opal replica type, wood pile type, diamond type, and reversal diamond type.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the display used especially suitably for a portable information terminal device machine, a personal computer, a word processor, amusement equipment, and a TV apparatus, for example about a display.

[0002]

[Description of the Prior Art] Now, displays which replace CRT, such as a liquid crystal display, PDP, an organic electroluminescence display, are developed, and use is spreading. However, the fault resulting from each principle of operation (operational mode) and material to be used is shown in these displays.

[0003] For example, since a liquid crystal display uses the optical anisotropy of a liquid crystal element, there is a problem that display quality is dependent on an angle of visibility. Then, the display mode (for example, an IPS mode and an MVA mode) which has improved the view angle characteristic is developed by controlling the orientation of a liquid crystal element. However, since the speed of response to the electric field of a liquid crystal element is slow, it is difficult to realize sufficient animation display characteristic. PDP and an organic electroluminescence display device have the problem that it is short-life, low [luminous efficiency].

[0004] On the other hand, various optical elements using a photonic crystal are proposed in recent years. two or more kinds of substances in which a photonic crystal differs in a refractive index (dielectric constant) -- the wavelength grade of light, or the size not more than it -- two dimensions or a three dimension -- full reflection of the electromagnetic waves which are the optical materials of the artificial dielectric grating made to arrange periodically, and have wavelength comparable as a lattice spacing is carried out by diffraction (Bragg reflection). If the refractive index difference between lattices spreads, the wavelength area (frequency domain) which is reflected and cannot spread the inside of a crystal will be expanded, and the wavelength band (photonic band gap) which cannot spread light will be formed. When all the direction cannot be spread in three dimensions, either, a perfect band gap is formed and it can realize by the diamond lattice, a face-centered cubic lattice of a certain kind, etc. Since light will be thoroughly shut up by the portion if a defect (periodical structure) is introduced into the photonic crystal which has such a photonic band gap, realization of Optical Devices Division, such as a semiconductor laser which operates with extremely low current, is expected.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] a possibility of a display of having used an above-mentioned photonic crystal and liquid crystal is proposed -- \*\*\*\* (for example, Yoshino et al., 2001 liquid crystal debate, collection [of lecture gists], and 2D06, 163-164 pages) -- a concrete structure, a drive method, etc. of the display are not proposed.

[0006] This invention is made in view of above-mentioned many points, and is a thing.

The purpose is to provide the display using the optical property that the light of specific wavelength can be selectively taken out with the high energy efficiency of \*\*.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The 1st pixel to which a display of this invention has two or more pixels arranged by matrix form, and said two or more pixels emit the 1st colored light, Said 1st colored light and the 2nd different colored light including the 2nd pixel to emit each of two or more of said pixels, Said photonic crystal layer which has an electrode of a couple and a photonic crystal layer which has the two-dimensional or three-dimensional refractive index periodic structure provided in inter-electrode [of said couple], and said 1st pixel has, Said photonic crystal layer in which an electrical signal impressed to an electrode of said couple is embraced, light is become irregular or emitted and said 2nd pixel has said 1st colored light is provided with composition which embraces an electrical signal impressed to an electrode of said couple, and becomes irregular or emits light in said 2nd colored light.

[0008] In a certain embodiment, said pixel [1st] photonic crystal layer has the 1st refractive index periodic structure of the 1st cycle, and said pixel [2nd] photonic crystal layer has the 2nd refractive index periodic structure of said 1st cycle and the 2nd different cycle.

[0009] The 3rd pixel that emits the 3rd colored light in which said two or more pixels differ in a display of a desirable embodiment from said 1st colored light and the 2nd colored light is included further, Said photonic crystal layer which said 3rd pixel has embraces an electrical

signal impressed to an electrode of said couple, and becomes irregular or emits light in said 3rd colored light, and said said pixel [ 3rd ] photonic crystal layer has the 3rd refractive index periodic structure of said 1st cycle and the 2nd cycle, and the 3rd different cycle.

[0010]Parallel arrangement is carried out and said 1st pixel, said 2nd pixel, and said 3rd pixel can be considered as composition which performs a colored presentation by a space mixed-colors method.

[0011]Or said two or more pixels are good also as composition to which each has two or more colored presentation pixels by which said 1st pixel, said 2nd pixel, and said 3rd pixel were laminated, and carries out a colored presentation by a time mixed-colors method.

[0012]Green light and said 3rd colored light of a display of a certain embodiment are blue glow, and said 1st colored light red light and said 2nd colored light said photonic crystal layer, It has said refractive index periodic structure formed of a liquid crystal material and a photo-setting resin, Said 1st cycle is within the limits of not less than 495 nm 550 nm or less, and said 2nd cycle is within the limits of not less than 590 nm 780 nm or less, Said 3rd cycle is within the limits of not less than 565 nm 580 nm or less, and displays by transparent mode by modulating white light by said photonic crystal layer.

[0013]Green light and said 3rd colored light of a display of other embodiments are blue glow, and said 1st colored light red light and said 2nd colored light said photonic crystal layer, It has said refractive index periodic structure formed of a liquid crystal material and a photo-setting resin, Said 1st cycle is within the limits of not less than 590 nm 780 nm or less, and said 2nd cycle is within the limits of not less than 495 nm 550 nm or less, Said 3rd cycle is within the limits of not less than 450 nm 485 nm or less, and displays by reflection mode by reflecting an ambient light by said photonic crystal layer.

[0014]Green light and said 3rd colored light of a display of an embodiment of further others are blue glow, and said 1st colored light red light and said 2nd colored light said photonic crystal layer, It has said refractive index periodic structure formed of a luminescent material and a photo-setting resin, said 1st cycle is within the limits of not less than 590 nm 780 nm or less, said 2nd cycle is within the limits of not less than 495 nm 550 nm or less, and said 3rd cycle is within the limits of not less than 450 nm 485 nm or less.

[0015]As for said photonic crystal layer, it is preferred that it is either of the opal replica type, wood pile type, diamond type, and reversal diamond types.

[0016]

[Embodiment of the Invention]Hereafter, the structure of the display of an embodiment and operation by this invention are explained, referring to Drawings.

[0017]Drawing 1 is a typical sectional view showing the display 100 of the embodiment by this invention.

[0018]The display 100 has two or more pixels arranged by matrix form, and two or more pixels can perform a colored presentation including the 1st pixel that emits the 1st colored light, and the 2nd pixel that emits the 1st colored light and the 2nd different colored light. Typically, a full color display is carried out including the 3rd pixel that emits the 3rd colored light. Parallel arrangement of two or more pixels which emit mutually different colored light is carried out to matrix form, and the display 100 performs a colored presentation by a space mixed-colors method.

[0019]Each pixel is provided with the following.

The electrodes 12a and 12b formed on the substrate 10a and 10b.

The photonic crystal layer 20 provided among the electrodes 12a and 12b.

The electrodes 12a and 12b of the couple are formed on the substrate 10a of a couple, and 10b. Of course, it has the wiring, switching element (for example, TFT), and drive circuit (all are un-illustrating) for supplying predetermined voltage or current to predetermined timing in the electrodes 12a and 12b at the photonic crystal layer 20 side of the substrates 10a and 10b if needed. Of course, a switching element can also be omitted and a drive circuit may be separately provided with the substrates 10a and 10b. Since the concrete composition for supplying an electrical signal to such a photonic crystal layer 20 can adopt the composition of a publicly known active matrix type display, it omits explanation here. Although the composition which provided the black matrix (light shielding layer) between the photonic crystal layers 20 of the pixel which adjoins in order to control the mixed colors between pixels is illustrated, it may omit and the black matrix 14 may be formed between the electrodes 12b.

[0020]The photonic crystal layer 20 has two-dimensional or three-dimensional refractive index periodic structure, embraces the electrical signal (voltage or current) impressed to the electrodes 12a and 10b of a couple, and becomes irregular or emits light in predetermined colored light. When the photonic crystal layer 20 has a function which modulates light (it illustrates by Embodiment 1), it has further a lighting element (un-illustrating) for supplying light to the photonic crystal layer 20. If a lighting element is carried out, the white light source (back lights, such as a fluorescent tube) used for the publicly known liquid crystal display can be used.

[0021]As for the photonic crystal layer 20, it is preferred to have the refractive index periodic structure corresponding to the colored light of each pixel. For example, in the display which displays by transparent mode by modulating the white light emitted from a back light, Since the photonic crystal layer 20 reflects the light of wavelength comparable as the cycle of refractive index periodic structure (Bragg reflection), it adjusts a cycle so that the colored light used as the colored light of each pixel and complementary color relation may be reflected. For example, so that 495 nm – 550 nm of wavelength areas of the cyanogen which is the complementary color in order to make red light penetrate may be reflected, In the case of blue glow, each cycle should just be adjusted so that 565 nm – 580 nm of wavelength areas of the yellow which is the complementary color may be reflected, so that 590 nm – 780 nm of wavelength areas of the magenta which is the complementary color may be reflected in the case of green light. What is necessary is just to adjust to the cycle corresponding to the colored light which a pixel emits in the reflection type display which displays by reflecting an ambient light using the photonic crystal layer which has a function which modulates light on the other hand. Namely, what is necessary is just to adjust the cycle in the pixel in which the cycle in the pixel to which the cycle in the pixel which reflects or emits light in red light reflects or emits light in green light to 590 nm – 780 nm reflects or emits light in a blue light at 495 nm – 550 nm to 450 nm – 485 nm, respectively. What is necessary is just to adjust to the cycle corresponding to the colored light which each pixel emits, as well as a reflection type display when using the photonic crystal layer which emits light itself.

[0022]The typical sectional view of the display 200 of other embodiments by this invention is shown in drawing 2. The same reference mark shows the component of the display 100, and the same substantial component, and the explanation is omitted here.

[0023]The display 200 has a photonic crystal layer in which each of two or more pixels arranged by matrix form becomes irregular or emits light in different colored light. It has the structure where the 1st photonic crystal layer 20R which becomes irregular or emits light in red light, the 2nd photonic crystal layer 20G which becomes irregular or emits light in green light, and the 3rd photonic crystal layer 20B which becomes irregular or emits light in blue glow were laminated typically. The pixel here is able to perform a colored presentation by a time mixed-colors method, and especially this pixel is called a colored presentation pixel. That is, the color picture element is arranged at matrix form, and the display 200 performs a colored presentation by a time mixed-colors method. Therefore, the display 200 has a display 3 times the definition of 100.

[0024]In drawing 2, since it was easy, it omitted, but it is preferred to have an electrode pair for supplying an electrical signal to each of the photonic crystal layers 20R, 20G, and 20B. With the material etc. which are used for the photonic crystal layers 20R, 20G, and 20B. By supplying an electrical signal to the electrodes 12a and 12b of the couple provided so that the photonic crystal layer 20 might be inserted, the discrete address of the photonic crystal layers 20R, 20G, and 20B can also be carried out. For example, only a specific photonic crystal layer can be operated by using the material in which the frequency which answers an electric field differs among the photonic crystal layers 20R, 20G, and 20B by changing the frequency of the voltage impressed among the electrodes 12a and 12b of a couple.

[0025]Next, what is suitably used as the photonic crystal layer 20 of the displays 100 and 200 of the embodiment by this invention is shown in drawing 3. Drawing 3 shows typically the photonic crystal layer 20 provided among the electrodes 12a and 12b of the couple which constitutes one pixel. In the display 200 shown in drawing 2, it is preferred that each photonic crystal layers 20R, 20B, and 20G have the composition of drawing 3.

[0026]Drawing 3 (a) shows typically the opal replica type photonic crystal layer 20a. An opal replica type photonic crystal layer has the structure corresponding to the replica of the opal structure formed in a three dimension from the aggregate of the minute ball arranged regularly, and has the structure where the minute spherical opening was regularly arranged in three

dimensions in the matrix. A photonic crystal is obtained by filling up a minute spherical opening with the material which has a different refractive index from the material which constitutes a matrix. filling up a minute spherical opening with the material (for example, liquid crystal material) from which a refractive index changes with impression of an electric field -- the photonic crystal layer 20 which modulates colored light can be obtained. At this time, typically, the polarizing plate of the couple arranged at the cross Nicol state is provided so that it may counter mutually via the photonic crystal layer 20.

[0027]The photonic crystal layer 20 which emits light in colored light can be obtained by filling up minute ball absentminded spare time with a luminescent material.

[0028]The photonic crystal layer 20a can be formed as follows, for example.

[0029]The diameter according to the wavelength of the light which should be emitted by the photonic crystal layer 20a of each pixel. (For example, when using as a transmission type display, about a red picture element, within the limits of not less than 495 nm 550 nm or less) About a green picture element, prepare within the limits of not less than 590 nm 780 nm or less, and the  $\text{SiO}_2$  minute ball of not less than 565 nm 580 nm or less within the limits is prepared about a blue pixel, Settle this among [ a glass sandwiches cell or a container ] gap several micrometers to about ten micrometers, ultraviolet curing resin is made to permeate, and it is made to harden. Then, the opal replica structure 22a formed with resin is acquired by carrying out etching removal of the  $\text{SiO}_2$  minute ball by HF (fluoric acid) processing. opal replica structure becomes desired thickness or size if needed -- as -- cut processing -- and/or, polishing work is carried out.

[0030]Drawing 3 (b) shows typically the wood pile type photonic crystal layer 20b. The wood pile type photonic crystal layer 20b has the structure where the square pole 22b was arranged regularly in three dimensions. A photonic crystal is obtained by changing the refractive index of the material which constitutes the square pole 22b, and the material in which the circumference is shown.

[0031]Drawing 3 (c) and (d) shows the diamond type and reversal die YAMON type photonic crystal layers 20c and 20d, respectively. Drawing 3 (c) and (d) shows typically the basic unit structure corresponding to the unit cell of a crystal. The columnar structure object (33 volume %) 22c is prolonged so that the diamond type photonic crystal layer 20c shown in drawing 3 (c) may connect the lattice point of a diamond crystal. 22 d of cylindrical openings (67 volume %) have extended so that the reversal diamond type photonic crystal shown in drawing 3 (d) may connect the lattice point of a diamond crystal. These volume fractions can be changed if needed.

[0032]The shown photonic crystal layers 20b, 20c, and 20d can be formed in drawing 3 (b), (c), and (d) using stereolithography, for example.

[0033]Operation of stiffening a photo-setting resin further is repeated pulling up the portion which was hardened according to the shape of a request of the surface of a liquefied photo-setting resin, scanning a laser beam for every stratified processing unit, and was hardened. The photonic crystal layer which has the complicated shape shown in drawing 3 (b), (c), and (d) can be formed by inputting desired shape as CAD data and controlling the scan of a laser beam, and raising of a hardened material by CAM according to this data. As a photo-setting resin, transparent resin, such as an acrylate system, a polyimide system, an epoxy system, and a phenol system, is preferred, for example. Of course, the opal replica type photonic crystal structure shown in drawing 3 (a) can also be formed with stereolithography.

[0034]The gap part in the photonic crystal structure shown in (d) from drawing 3 (a) is formed in continuation for every pixel at least, and can introduce a liquid crystal material and a luminescent material in an opening easily.

[0035](Embodiment 1) The display of this embodiment is provided with the photonic crystal layer 20 which has a function which modulates colored light. The reliance of the composition of the display of Embodiment 1 is also good at any of the display 200 which showed the display 100 shown in drawing 1, and drawing 2.

[0036]As the photonic crystal layer 20, the matrix of opal replica structure (refer to drawing 3 (a)) can be formed, and what filled up the gap part with the liquid crystal material can be used conveniently, for example. At this time, the ratio of the refractive index of a matrix (for example, acrylic resin) to the refractive index to the extraordinary light of a liquid crystal element is set to

1.5:1.7, and, as for the Tsunemitsu refractive index, it is preferred to set up it be abbreviated—in agreement with the refractive index of a matrix. The size (diameter of sphere) of the opening of opal replica structure, As mentioned above, when using as a transmission type, it is preferred that within the limits of not less than 495 nm 550 nm or less sets [ within the limits of not less than 590 nm 780 nm or less ] up within the limits of not less than 565 nm 580 nm or less about a blue pixel to a green picture element to a red picture element. The thickness of the photonic crystal layer 20 is 5 micrometers, for example. Opal replica structure may be formed, for example, using the spherical particle of  $\text{SiO}_2$  mentioned above, and may be formed using stereolithography.

[0037]the liquid crystal material (nematic liquid crystal ZLI1965 (99.6%) by Merck Co..) indicated to JP,2001-209035,A as a liquid crystal material, for example The mixture of cholesteric liquid crystal (0.3%) and the strong dielectric liquid crystal (0.1%) of a chiral smectic C phase can be used conveniently. Since it can display without using a polarizing plate if such a liquid crystal material is used, a bright display is realizable. Pouring of a liquid crystal material can be performed with a vacuum injection method, an derivation injection method, or a dropping test.

[0038]The liquid crystal in the photonic crystal at the time of impressing no voltage is random orientation, and since they are scattered about, it does not penetrate light. If voltage is impressed to this photonic crystal layer 20, the transmissivity of the light (red, green, blue) of the wavelength corresponding to each pixel is controllable by change of the refractive index accompanying orientation change of a liquid crystal element by a high contrast ratio (a contrast ratio is 600 or more). That is, this photonic crystal reveals the function of both PDLC (liquid crystal layer) and the light filters in the liquid crystal display currently indicated by above-mentioned JP,2001-209035,A, for example. Since a display provided with this photonic crystal layer can be driven by the low voltage (for example, 0V-20V), it is excellent also in power-saving nature.

[0039]The optical shutter layer (it corresponds to the photonic crystal layer of this embodiment) is formed in the above-mentioned gazette by Mitsuteru putting and a polymerization induction phase separation method at the prepolymer of the above-mentioned liquid crystal material and photopolymerization nature, or the mixture with a monomer. Therefore, it is difficult to make into regular periodical structure structure which a liquid crystal material distributes, and it still more difficult to control the cycle to nanometer order. A liquid crystal material produces a photolytic reaction by optical exposure, and there is a problem of being easy to generate the seizure of a picture and the fault of a voltage retention fall. On the other hand, since a liquid crystal material does not deteriorate in the morphosis of the photonic crystal layer 20 of the display by the embodiment of this invention, it excels in reliability.

[0040]Since a liquid crystal material is confined in the space of nanometer order according to the embodiment of this invention, since the response to the electric field of a liquid crystal element becomes quick when the anchoring effect from an interface (for example, surface of the matrix 22a which constitutes the opal replica structure of drawing 3 (a)) actualizes -- response time -- tens -- it is accelerable for a microsec order. Since the display of this embodiment can operate at high speed, it is preferred to adopt the composition especially shown in drawing 2, and to perform a colored presentation by a time mixed-colors method (the seeking ENSHARU color mixing method).

[0041]The display of this embodiment can provide the back light which irradiates the above-mentioned photonic crystal layer 20 with white light, and can also use it as a transmission type display, or can also be used as the reflection type display which displays by reflecting an ambient light. In using as a reflection type display, the cycle (it corresponds to the diameter of the spherical particle of above  $\text{SiO}_2$ ) of a photonic crystal layer, What is necessary is just to set \*\*\*\*\* within the limits of not less than 450 nm 485 nm or less as a blue pixel about a green picture element within the limits of not less than 495 nm 550 nm or less within the limits of not less than 590 nm 780 nm or less, if attached to a red picture element.

[0042]The above-mentioned effect acquired by using the photonic crystal layer 20 which made the liquid crystal material permeate a photonic crystal structure is acquired when the photonic crystal structure of a wood pile type, a diamond type, or a reversal diamond type is used. Since the volume of the field made to modulate the light or emit light will become large if the volume of an opening is large, the utilization efficiency of light improves further and the further low power

consumption becomes possible.

[0043]As a liquid crystal material, it is not restricted to the above-mentioned example, but other liquid crystal materials (for example, nematic liquid crystal material which has positive dielectric anisotropy) can be used. According to a liquid crystal material or operational mode, a polarizing plate may be provided in the both sides of the photonic crystal layer 20.

[0044](Embodiment 2) The display of this embodiment is provided with the photonic crystal layer 20 which has a function which emits light in colored light. The reliance of the composition of the display of Embodiment 2 is also good at any of the display 200 which showed the display 100 shown in drawing 1, and drawing 2.

[0045]The matrix of opal replica structure (refer to drawing 3 (a)) can be formed by a photo-setting resin, using stereolithography for example as the photonic crystal layer 20, and what filled up the gap part with the luminescent material can be used conveniently.

[0046]A luminescent material may be an organic system and may be an inorganic system. As an organic luminescent material, combination of Alq3 (Tris(8-hydroxyquinolinato) aluminum(III), host material) and dicyanoquinodimethane (dopant material) is used as the luminescent material for red. The combination of a JISUCHIRU ant rain derivative (host material) and a styryl amine derivative (dopant material) can be used as a luminescent material for blue by using combination of Alq3 (host material) and Quinacridone (dopant material) as the luminescent material for green. Various publicly known organic electroluminescence materials, such as the Polymer Division organic electroluminescence materials, such as a poly para-phenylene vinylene derivative, can be used. As an inorganic luminescent material, ZnS:Mn can be used as the luminescent material for red, and SrS:Cu, and SrS:Ag and SrS:Ce can be used as a luminescent material for blue by using ZnS:TbOF as green emission material. In addition, a publicly known inorganic EL material can be used. These luminescent materials can be introduced into the gap part of a photonic crystal structure with methods for film deposition, such as a sputtering technique, a CVD method, and electron beam vacuum deposition, for example.

[0047]By impressing voltage to the photonic crystal layer 20 introduced in the luminescent material (or current supply), high-intensity (for example, 500cd/m<sup>2</sup>) luminescence can be obtained. As for this display, in a contrast ratio, speed of response can realize the display of 1msec or more by 1000:1, for example.

[0048]In order to improve luminosity, processing may be directly performed to the photonic crystal layer 20, and a diffraction grating may be formed, or a diffraction grating may be separately provided in the optical outgoing radiation side of the photonic crystal layer 20. As a diffraction grating, the composition currently indicated by JP,2002-8868,A can be used suitably, for example. Of course, the pitch of a diffraction grating is optimized about the wavelength and the emitting angle of each colored light. Thus, since the photonic crystal layer 20 functions by providing a diffraction grating further as distributed feedback type (DFB) laser which oscillates the colored light of each wavelength for every pixel, light can be emitted in a high-intensity (for example, 1000cd/m<sup>2</sup>) light. The advantage that the monochromaticity of each luminescence improves is also acquired.

[0049]Also in this embodiment, although the photonic crystal layer 20 of opal replica structure was illustrated, The above-mentioned effect acquired by using the photonic crystal layer 20 which introduced the luminescent material into the photonic crystal structure is similarly acquired, when the photonic crystal structure of a wood pile type, a diamond type, or a reversal diamond type is used.

[0050]

[Effect of the Invention]According to this invention, the display using the optical property of the photonic crystal that the light of specific wavelength can be selectively taken out with high energy efficiency can be provided.

[0051]The display of this invention is used suitably for transmission types, such as an optical spatial modulation machine, dimmer control, a projection display for large-sized screens, a display for big-screen TVs, and a PC monitor, or a nontransparentized type display device, for example. The display of this invention can be used also as a light source for laser beam printers.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** It is a typical sectional view showing the display 100 of the embodiment by this invention.

**[Drawing 2]** It is a typical sectional view showing the display 200 of other embodiments by this invention.

**[Drawing 3](a) – (d)** is a figure showing typically the photonic crystal layer 20 used suitably for the display of the embodiment by this invention.

**[Description of Notations]**

10a and 10b Substrate

12a and 12b Electrode

20, 20a, 20b, 20c, and 20d Photonic crystal layer

20R The photonic crystal layer for red

20G Photonic crystal layer for green

20B The photonic crystal layer for blue

---

**[Translation done.]**

**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-344831  
(P2003-344831A)

(43)公開日 平成15年12月3日 (2003.12.3)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 F	1/1334	G 0 2 F	2 H 0 7 9
1/01		1/01	D 2 H 0 8 8
1/061	5 0 3	1/061	5 0 3 2 H 0 8 9
1/13	5 0 5	1/13	5 0 5

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2002-148937(P2002-148937)

(22)出願日 平成14年5月23日 (2002.5.23)

(71)出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 寺下 慎一  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

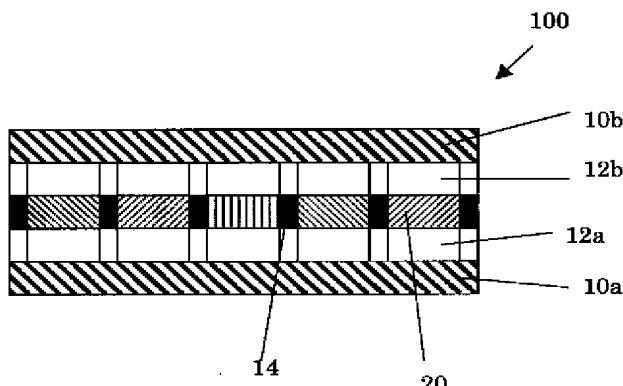
(74)代理人 100101683  
弁理士 奥田 誠司  
Fターム(参考) 2H079 AA02 AA11 AA13 BA01 BA04  
CA02 DA02 DA08 EA13  
2H088 EA44 GA03 GA04 GA10  
2H089 HA04 KA04 SA02 UA09

(54)【発明の名称】 表示装置

(57)【要約】

【課題】 高いエネルギー効率で選択的に特定の波長の光を取り出すことができるというフォトニック結晶の光学特性を利用した表示装置を提供する。

【解決手段】 マトリクス状に配列された複数の画素を有し、複数の画素は第1色光を出射する第1画素と、第1色光と異なる第2色光を出射する第2画素とを含み、複数の画素のそれぞれは、一对の電極 (12a, 12b) と、一对の電極間に設けられた2次元または3次元の屈折率周期構造を有するフォトニック結晶層 (20) を有し、第1画素が有するフォトニック結晶層は、一对の電極に印加される電気信号に応じて第1色光を変調または発光し、第2画素が有するフォトニック結晶層は、一对の電極に印加される電気信号に応じて第2色光を変調または発光する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マトリクス状に配列された複数の画素を有し、前記複数の画素は第1色光を出射する第1画素と、前記第1色光と異なる第2色光を出射する第2画素とを含み、  
前記複数の画素のそれぞれは、一対の電極と、前記一対の電極間に設けられた2次元または3次元の屈折率周期構造を有するフォトニック結晶層とを有し、  
前記第1画素が有する前記フォトニック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第1色光を変調または発光し、前記第2画素が有する前記フォトニック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第2色光を変調または発光する、表示装置。

【請求項2】 前記第1画素の前記フォトニック結晶層は第1周期の第1屈折率周期構造を有し、前記第2画素の前記フォトニック結晶層は前記第1周期と異なる第2周期の第2屈折率周期構造を有し、請求項1に記載の表示装置。

【請求項3】 前記複数の画素は前記第1色光および第2色光と異なる第3色光を出射する第3画素をさらに含み、前記第3画素が有する前記フォトニック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第3色光を変調または発光し、前記第3画素の前記フォトニック結晶層は前記第1周期および第2周期と異なる第3周期の第3屈折率周期構造を有する、請求項2に記載の表示装置。

【請求項4】 前記第1画素、前記第2画素および前記第3画素は、並列配置されており、空間混色法によってカラー表示を行う、請求項3に記載の表示装置。

【請求項5】 前記複数の画素は、それぞれが前記第1画素、前記第2画素および前記第3画素が積層された複数のカラー表示画素を有し、時間混色法によってカラー表示を行う、請求項3に記載の表示装置。

【請求項6】 前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトニック結晶層は、液晶材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、  
前記第1周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第2周期は590nm以上780nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は565nm以上580nm以下の範囲内にあり、  
白色光を前記フォトニック結晶層で変調することによって透過モードで表示を行う、請求項3から5のいずれかに記載の表示装置。

【請求項7】 前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトニック結晶層は、液晶材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、  
前記第1周期は590nm以上780nm以下の範囲内

にあり、前記第2周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は450nm以上485nm以下の範囲内にあり、

周囲光を前記フォトニック結晶層で反射することによって反射モードで表示を行う、請求項3から5のいずれかに記載の表示装置。

【請求項8】 前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトニック結晶層は、発光材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、

前記第1周期は590nm以上780nm以下の範囲内にあり、前記第2周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は450nm以上485nm以下の範囲内にある、請求項3から5のいずれかに記載の表示装置。

【請求項9】 前記フォトニック結晶層は、オパールレプリカ型、ウッドパイル型、ダイヤモンド型および反転ダイヤモンド型の内のいずれかである、請求項1から8のいずれかに記載の表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、表示装置に関し、特に、例えば携帯情報端末機器、パソコンコンピューター、ワードプロセッサー、アミューズメント機器、テレビジョン装置に好適に用いられる表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、液晶表示装置、PDPや有機EL表示装置など、CRTに代わる表示装置が開発され、利用が広まりつつある。しかしながら、これらの表示装置には、それぞれの動作原理（動作モード）や用いる材料に起因する欠点がある。

【0003】例えば、液晶表示装置は液晶分子の光学異方性を利用するので、表示品位が視野角に依存するという問題がある。そこで、液晶分子の配向を制御することによって視野角特性を改善した表示モード（例えばIPSモードやMVAモード）が開発されている。しかしながら、液晶分子の電界に対する応答速度が遅いため、充分な動画表示特性を実現することが難しい。また、PDPや有機EL表示素子は、発光効率が低い、あるいは、寿命が短いといった問題を有している。

【0004】一方、近年、フォトニック結晶を用いた種々の光学素子が提案されている。フォトニック結晶は、屈折率（誘電率）が異なる2種類以上の物質を、光の波長程度またはそれ以下のサイズで2次元あるいは3次元周期的に配列させた人工的な誘電体格子の光学材料で、格子間隔と同程度の波長を持つ電磁波は回折（ブリッジ反射）により完全反射される。格子間の屈折率差が広がると、反射されて結晶内を伝播できない波長領域（周波数領域）が拡大し、光が伝搬できない波長域（フォトニックバンドギャップ）を形成する。三次元的にどの方向

も伝播できない場合は、完全バンドギャップが形成され、ダイヤモンド格子やある種の面心立方格子などで実現できる。このようなフォトニックバンドギャップを有するフォトニック結晶中に（周期構造の）欠陥を導入すると、その部分に光が完全に閉じ込められるために、極端に低い電流で動作する半導体レーザー等の光デバイスの実現が期待されている。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述のフォトニック結晶と液晶とを利用した表示装置の可能性が提案されている（例えば、吉野ら、2001年 液晶討論会、講演要旨集、2D06、163～164頁）が、表示装置の具体的な構造や駆動方法などは提案されていない。

【0006】本発明は、上記諸点に鑑みてなされたものであり、フォトニック結晶の高いエネルギー効率で選択的に特定の波長の光を取り出すことができるという光学特性を利用した表示装置を提供することを目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の表示装置は、マトリクス状に配列された複数の画素を有し、前記複数の画素は第1色光を出射する第1画素と、前記第1色光と異なる第2色光を出射する第2画素とを含み、前記複数の画素のそれぞれは、一対の電極と、前記一対の電極間に設けられた2次元または3次元の屈折率周期構造を有するフォトニック結晶層とを有し、前記第1画素が有する前記フォトニック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第1色光を変調または発光し、前記第2画素が有する前記フォトニック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第2色光を変調または発光する構成を備えることを特徴とする。

【0008】ある実施形態において、前記第1画素の前記フォトニック結晶層は第1周期の第1屈折率周期構造を有し、前記第2画素の前記フォトニック結晶層は前記第1周期と異なる第2周期の第2屈折率周期構造を有する。

【0009】好ましい実施形態の表示装置は、前記複数の画素は前記第1色光および第2色光と異なる第3色光を出射する第3画素をさらに含み、前記第3画素が有する前記フォトニック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第3色光を変調または発光し、前記第3画素の前記フォトニック結晶層は前記第1周期および第2周期と異なる第3周期の第3屈折率周期構造を有する。

【0010】前記第1画素、前記第2画素および前記第3画素は、並列配置されており、空間混色法によってカラー表示を行う構成とすることができる。

【0011】あるいは、前記複数の画素は、それぞれが前記第1画素、前記第2画素および前記第3画素が積層された複数のカラー表示画素を有し、時間混色法によっ

てカラー表示を行う構成としても良い。

【0012】ある実施形態の表示装置は、前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトニック結晶層は、液晶材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、前記第1周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第2周期は590nm以上780nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は565nm以上580nm以下の範囲内にあり、白色光を前記フォトニック結晶層で変調することによって透過モードで表示を行う。

【0013】他の実施形態の表示装置は、前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトニック結晶層は、液晶材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、前記第1周期は590nm以上780nm以下の範囲内にあり、前記第2周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は450nm以上485nm以下の範囲内にあり、周囲光を前記フォトニック結晶層で反射することによって反射モードで表示を行う。

【0014】さらに他の実施形態の表示装置は、前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトニック結晶層は、発光材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、前記第1周期は590nm以上780nm以下の範囲内にあり、前記第2周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は450nm以上485nm以下の範囲内にある。

【0015】前記フォトニック結晶層は、オパールレプリカ型、ウッドパイル型、ダイヤモンド型および反転ダイヤモンド型のいずれかであることが好ましい。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明による実施形態の表示装置の構造と動作を説明する。

【0017】図1は、本発明による実施形態の表示装置100を示す模式的な断面図である。

【0018】表示装置100は、マトリクス状に配列された複数の画素を有し、複数の画素は第1色光を出射する第1画素と、第1色光と異なる第2色光を出射する第2画素とを含み、カラー表示を行うことができる。典型的には、第3色光を出射する第3画素を含み、フルカラー表示する。表示装置100は、互いに異なる色光を出射する複数の画素が、マトリクス状に並列配置されており、空間混色法によってカラー表示を行う。

【0019】それぞれの画素は、基板10aおよび10b上に形成された電極12aおよび12bと、電極12aおよび12bの間に設けられたフォトニック結晶層20とを有している。一対の電極12aおよび12bは、一対の基板10aおよび10b上に形成されている。勿

論、基板10aおよび10bのフォトニック結晶層20側には、電極12aおよび12bに、所定の電圧または電流を所定のタイミングで供給するための配線、スイッチング素子（例えばTFT）および駆動回路（いずれも不図示）を必要に応じて有している。勿論、スイッチング素子を省略することもできるし、駆動回路は基板10aおよび10bと別途設けても良い。このようなフォトニック結晶層20に電気信号を供給するための具体的な構成は、公知のアクティブマトリクス型表示装置の構成を採用することができるので、ここでは説明を省略する。また、画素間の混色を抑制するために隣接する画素のフォトニック結晶層20の間にブラックマトリクス（遮光層）を設けた構成を例示しているが、省略しても良いし、電極12bの間にブラックマトリクス14を設けても良い。

【0020】フォトニック結晶層20は、2次元または3次元の屈折率周期構造を有し、一対の電極12aおよび10bに印加される電気信号（電圧または電流）に応じて、所定の色光を変調または発光する。フォトニック結晶層20が、光を変調する機能を有する場合（実施形態1で例示する）、フォトニック結晶層20に光を供給するための照明素子（不図示）をさらに有する。照明素子としては、公知の液晶表示装置に用いられている白色光源（蛍光管などのバックライト）を用いることができる。

【0021】フォトニック結晶層20は、それぞれの画素の色光に対応した屈折率周期構造を有することが好ましい。例えば、バックライトから出射される白色光を変調することによって透過モードで表示を行う表示装置においては、フォトニック結晶層20は、屈折率周期構造の周期と同程度の波長の光を反射（プラグ反射）するので、それぞれの画素の色光と補色関係となる色光を反射するように、周期を調整する。例えば、赤色光を透過させるためには補色であるシアンの波長領域495nm～550nmを反射するように、緑色光の場合は補色であるマゼンタの波長領域590nm～780nmを反射するように、青色光の場合は、補色であるイエローの波長領域565nm～580nmを反射するように、それぞれの周期を調整すればよい。一方、光を変調する機能を有するフォトニック結晶層を用いて、周囲光を反射することによって表示を行う反射型の表示装置においては、画素が出射する色光に対応する周期に調整すればよい。すなわち、赤色光を反射または発光する画素における周期は590nm～780nmに、緑色光を反射または発光する画素における周期は495nm～550nmに、青光を反射または発光する画素における周期は450nm～485nmにそれぞれ調整すればよい。また、自ら発光するフォトニック結晶層を用いる場合にも、反射型表示装置と同様に、それぞれの画素が出射する色光に対応する周期に調整すればよい。

【0022】図2に、本発明による他の実施形態の表示装置200の模式的な断面図を示す。表示装置100の構成要素と実質的同じ構成要素と同じ参照符号で示し、その説明をここでは省略する。

【0023】表示装置200は、マトリクス状に配列された複数の画素のそれぞれが、異なる色光を変調または発光するフォトニック結晶層を有する。典型的には、赤色光を変調または発光する第1フォトニック結晶層20R、緑色光を変調または発光する第2フォトニック結晶層20G、青色光を変調または発光する第3フォトニック結晶層20Bが積層された構造を有する。この画素が時間混色法によってカラー表示を行うことが可能であり、この画素を特にカラー表示画素と呼ぶ。すなわち、表示装置200は、カラー画素がマトリクス状に配置されており、時間混色法によってカラー表示を行う。従って、表示装置200は表示装置100の3倍の精細度を有する。

【0024】なお、図2では簡単のために省略したが、フォトニック結晶層20R、20Gおよび20Bのそれぞれに電気信号を供給するための電極対を有することが好ましい。なお、フォトニック結晶層20R、20Gおよび20Bに用いる材料などによって、フォトニック結晶層20を挟むように設けられた一対の電極12aおよび12bに電気信号を供給することによって、フォトニック結晶層20R、20Gおよび20Bを個別アドレスすることもできる。例えば、電界に応答する周波数の異なる材料を用いることによって、一対の電極12aおよび12bの間に印加する電圧の周波数を変えることによって、フォトニック結晶層20R、20Gおよび20Bのうち特定のフォトニック結晶層だけを動作させることができる。

【0025】次に、本発明による実施形態の表示装置100および200のフォトニック結晶層20として好適に用いられるものを図3に示す。図3は、1つの画素を構成する一対の電極12aおよび12bの間に設けられたフォトニック結晶層20を模式的に示している。図2に示した表示装置200においては、個々のフォトニック結晶層20R、20Bおよび20Gが図3の構成を有することが好ましい。

【0026】図3(a)は、オパールレプリカ型のフォトニック結晶層20aを模式的に示している。オパールレプリカ型フォトニック結晶層は、3次元に規則的に配列された微小球の集合体から形成されるオパール構造のレプリカに対応する構造を有し、マトリクス内に微小球状の空隙が3次元的に規則的に配列された構造を有している。微小球状の空隙に、マトリクスを構成する材料と異なる屈折率を有する材料を充填することによって、フォトニック結晶が得られる。微小球状の空隙に、電界の印加によって屈折率が変化する材料（例えば液晶材料）を充填することによって、色光を変調するフォトニック結

晶層20を得ることができる。このとき、典型的には、クロスニコル状態に配置された一対の偏光板を、フォトニック結晶層20を介して互いに対向するように設ける。

【0027】また、微小球上の空隙に発光材料を充填することによって、色光を発光するフォトニック結晶層20を得ることができる。

【0028】フォトニック結晶層20aは、例えば、以下のようにして形成することができる。

【0029】それぞれの画素のフォトニック結晶層20aで出射すべき光の波長に応じた直径（例えば、透過型表示装置として用いる場合、赤色画素については495nm以上550nm以下の範囲内、緑色画素については590nm以上780nm以下の範囲内、青色画素については565nm以上580nm以下の範囲内）のSiO<sub>2</sub>微小球を用意し、これをギャップ数μmから十数μmのガラスサンドイッチセル内または容器内で沈殿させ、紫外線硬化樹脂を浸透させ硬化させる。その後、HF（フッ酸）処理によりSiO<sub>2</sub>微小球をエッチング除去することによって、樹脂によって形成されたオパールレプリカ構造22aが得られる。オパールレプリカ構造は、必要に応じて、所望の厚さまたは大きさになるように、切断加工および／または研磨加工される。

【0030】図3（b）は、ウッドパイル型フォトニック結晶層20bを模式的に示す。ウッドパイル型フォトニック結晶層20bは、四角柱22bが3次元的に規則的に配列された構造を有する。四角柱22bを構成する材料とその周囲を示す材料との屈折率を異ならせることによって、フォトニック結晶が得られる。

【0031】また、図3（c）および（d）は、それぞれダイヤモンド型、反転ダイヤモンド型のフォトニック結晶層20cおよび20dをそれぞれ示す。図3（c）および（d）は結晶の単位胞に対応する基本単位構造を模式的に示している。図3（c）に示したダイヤモンド型フォトニック結晶層20cは、ダイヤモンド結晶の格子点を結ぶように円柱状構造体（33体積%）22cが延びている。図3（d）に示した反転ダイヤモンド型フォトニック結晶は、ダイヤモンド結晶の格子点を結ぶように円柱状の空隙（67体積%）22dが延びている。これらの体積分率は必要に応じて変更できる。

【0032】図3（b）、（c）および（d）に示したフォトニック結晶層20b、20cおよび20dは、例えば、光造形法を用いて形成することができる。

【0033】液状の光硬化性樹脂の表面を所望の形状に従って、層状の加工単位ごとにレーザー光を走査しながら硬化し、硬化した部分を引き上げながら、さらに光硬化性樹脂を硬化させる操作を繰り返す。所望の形状をCADデータとして入力し、このデータに従ってレーザー光の走査および硬化物の引き上げをCAMで制御することによって、図3（b）、（c）および（d）に示した

複雑な形状を有するフォトニック結晶層を形成することができる。光硬化性樹脂としては、例えば、アクリレート系、ポリイミド系、エポキシ系、フェノール系のなど透明樹脂が好ましい。勿論、図3（a）に示したオパールレプリカ型フォトニック結晶構造を光造形法で形成することもできる。

【0034】なお、図3（a）から（d）に示したフォトニック結晶構造における空隙部分は少なくとも画素ごとに連続に形成されており、液晶材料や発光材料を容易に空隙内に導入することができる。

【0035】（実施形態1）本実施形態の表示装置は、色光を変調する機能を有するフォトニック結晶層20を備える。実施形態1の表示装置の構成は、図1に示した表示装置100および図2に示した表示装置200のいずれであってもよい。

【0036】フォトニック結晶層20として、例えば、オパールレプリカ構造（図3（a）参照）のマトリクスを形成し、その空隙部分に液晶材料を充填したものを好適に用いることができる。このとき、マトリクス（例えばアクリル樹脂）の屈折率と、液晶分子の異常光に対する屈折率の比が、1.5:1.7となり、常光屈折率は、マトリクスの屈折率と略一致するように設定することが好ましい。また、オパールレプリカ構造の空隙の大きさ（球の直径）は、上述したように、透過型として用いる場合、赤色画素に対して495nm以上550nm以下の範囲内、緑色画素に対して590nm以上780nm以下の範囲内、青色画素については565nm以上580nm以下の範囲内に設定することが好ましい。フォトニック結晶層20の厚さは、例えば5μmである。オパールレプリカ構造は、例えば、上述したSiO<sub>2</sub>の球状粒子を用いても形成しても良いし、光造形法を用いて形成しても良い。

【0037】液晶材料としては、例えば、特開2001-209035号公報に記載されている液晶材料（メルク社製ネマチック液晶ZLI1965（99.6%）、コレステリック液晶（0.3%）、カイラルスマクチックC相の強誘電液晶（0.1%）の混合物）を好適に用いることができる。このような液晶材料を用いると、偏光板を用いることなく、表示を行うことができるので、明るい表示を実現することができる。液晶材料の注入は、真空注入法、誘導注入法または滴下法によって行うことができる。

【0038】電圧無印加時のフォトニック結晶内の液晶はランダム配向であり、散乱するため、光を透過しない。このフォトニック結晶層20に電圧を印加すると、液晶分子の配向変化に伴う屈折率の変化によって、それぞれの画素に対応する波長の光（赤、緑、青）の透過率を高いコントラスト比（例えば、コントラスト比が600以上）で制御することができる。すなわち、このフォトニック結晶は、例えば上記特開2001-20903

5号公報に開示されている液晶表示装置におけるPDL（液晶層）とカラーフィルタとの両方の機能を発現する。また、このフォトニック結晶層を備える表示装置は、低電圧（例えば、0V～20V）で駆動することができる。省電力性にも優れている。

【0039】なお、上記公報には、上記液晶材料と光重合性のプレポリマーまたはモノマーとの混合物に光照射し、重合誘起相分離法によって、光シャッター層（本実施形態のフォトニック結晶層に対応する）を形成している。従って、液晶材料が分散する構造を規則正しい周期構造とすることは難しく、さらに、その周期をナノメートルオーダーに制御することは難しい。また、光照射によって液晶材料が光分解反応を生じてしまい、画像の焼き付きや電圧保持率低下といった不具合が発生しやすいという問題がある。これに対し、本発明の実施形態による表示装置のフォトニック結晶層20の形成過程で液晶材料が劣化することはないので、信頼性に優れる。

【0040】また、本発明の実施形態によると、液晶材料がナノメートルオーダーの空間に閉じ込められるので、界面（例えば、図3（a）のオパールレプリカ構造を構成するマトリクス22aの表面）からのアンカリング効果が顕在化することによって、液晶分子の電場に対する応答が速くなるため、応答時間を数十μs e cオーダーに高速化することができる。本実施形態の表示装置は高速で動作できるので、特に、図2に示した構成を採用し、時間混色法（シークエンシャルカラーミキシング法）によってカラー表示を行うことが好ましい。

【0041】また、本実施形態の表示装置は、上述のフォトニック結晶層20に白色光を照射するバックライトを設けて透過型表示装置とすることもできるし、あるいは、周囲光を反射して表示を行う反射型表示装置とすることもできる。反射型表示装置として用いる場合には、フォトニック結晶層の周期（例えば上記のSiO<sub>2</sub>の球状粒子の直径に対応）を、赤色画素については590nm以上780nm以下の範囲内に、緑色画素については495nm以上550nm以下の範囲内に、青色画素については450nm以上485nm以下の範囲内に設定すればよい。

【0042】フォトニック結晶構造に液晶材料を浸透させたフォトニック結晶層20を用いることによって得られる上述の効果は、ウッドパイル型、ダイヤモンド型や反転ダイヤモンド型のフォトニック結晶構造を用いた場合においても得られる。空隙の体積が大きいと調光または発光させる領域の体積が大きくなるので、光の利用効率がさらに向上し、さらなる低消費電力化が可能になる。

【0043】なお、液晶材料としては、上記の例に限られず、他の液晶材料（例えば、正の誘電異方性を有するネマチック液晶材料）を用いることができる。また、液晶材料や動作モードに応じて、フォトニック結晶層20

の両側に偏光板を設けてもよい。

【0044】（実施形態2）本実施形態の表示装置は、色光を発光する機能を有するフォトニック結晶層20を備える。実施形態2の表示装置の構成は、図1に示した表示装置100および図2に示した表示装置200のいずれであってもよい。

【0045】フォトニック結晶層20として、例えば、光造形法を用いて光硬化性樹脂でオパールレプリカ構造（図3（a）参照）のマトリクスを形成し、その空隙部分に発光材料を充填したものを好適に用いることができる。

【0046】発光材料は、有機系であっても良いし、無機系であってもよい。有機発光材料としては、Alq3（Tris(8-hydroxyquinolinate)aluminum(III)、ホスト材料）とジシアノキノジメタン（ドーパント材料）との組み合わせを赤色用発光材料として、Alq3（ホスト材料）とキナクリドン（ドーパント材料）との組み合わせを緑色用発光材料として、また、ジスチルアリレン誘導体（ホスト材料）とスチリルアミン誘導体（ドーパント材料）との組み合わせを青色用の発光材料として用いることができる。また、ポリパラフェニレンビニレン誘導体等の高分子有機EL材料など、種々の公知の有機EL材料を用いることができる。無機発光材料としては、ZnS:Mnを赤色用発光材料として、ZnS: TbOFを緑色発光材料として、SrS:Cu、SrS:AgやSrS:Ceを青色用発光材料として用いることができる。この他、公知の無機EL材料を用いることができる。これらの発光材料は、例えば、スパッタ法、CVD法、電子線ビーム蒸着法等の成膜方法によって、フォトニック結晶構造の空隙部分に導入することができる。

【0047】発光材料を導入されたフォトニック結晶層20に電圧を印加（または電流を供給）することによって、高輝度（例えば、500cd/m<sup>2</sup>）の発光を得ることができる。この表示装置は、例えば、コントラスト比が1000:1以上で応答速度が1ms e cの表示を実現することができる。

【0048】さらに、輝度を向上するために、フォトニック結晶層20に直接加工を施し回折格子を形成してもよいし、あるいは、フォトニック結晶層20の光出射側に別途回折格子を設けてもよい。回折格子としては、例えば、特開2002-8868号公報に開示されている構成を好適に利用することができる。勿論、回折格子のピッチは各色光の波長および出射角について最適化する。このように、さらに回折格子を設けることにより、フォトニック結晶層20は画素毎にそれぞれの波長の色光を発振する分布帰還型（DFB）レーザーとして機能するので、高輝度（例えば、1000cd/m<sup>2</sup>）の光を発光することができる。また、それぞれの発光の単色性が向上するという利点も得られる。

【0049】本実施形態においても、オパールレプリカ構造のフォトニック結晶層20を例示したが、フォトニック結晶構造に発光材料を導入したフォトニック結晶層20を用いることによって得られる上述の効果は、ウッドパイル型、ダイヤモンド型や反転ダイヤモンド型のフォトニック結晶構造を用いた場合においても同様に得られる。

#### 【0050】

【発明の効果】本発明によると、高いエネルギー効率で選択的に特定の波長の光を取り出すことができるというフォトニック結晶の光学特性を利用した表示装置を提供することができる。

【0051】本発明の表示装置は、例えば光空間変調器、調光器、大型画面用プロジェクション・ディスプレイ、大画面テレビ用ディスプレイ、パソコン用ディスプレイ等の透過型又は非透過型表示デバイスに好適に用いられる。また、本発明の表示装置は、レーザープリンタ

用の光源としても用いることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施形態の表示装置100を示す模式的な断面図である。

【図2】本発明による他の実施形態の表示装置200を示す模式的な断面図である。

【図3】(a)～(d)は、本発明による実施形態の表示装置に好適に用いられるフォトニック結晶層20を模式的に示す図である。

#### 【符号の説明】

10a、10b 基板

12a、12b 電極

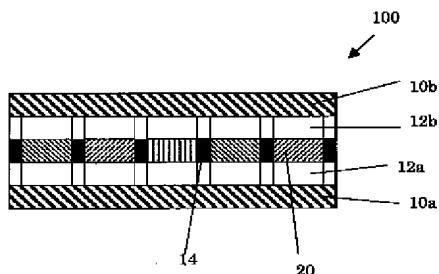
20、20a、20b、20c、20d フォトニック結晶層

20R 赤色用フォトニック結晶層

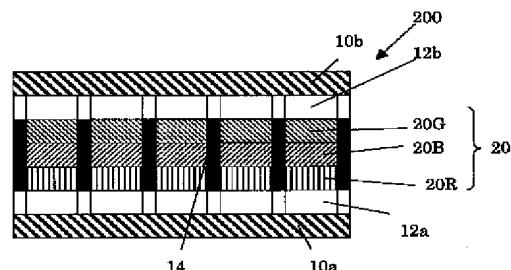
20G 緑色用フォトニック結晶層

20B 青色用フォトニック結晶層

【図1】



【図2】



【図3】

